

**Latest published bibliographic data**

**Publication No.:** WO/1997/037174  
**Publication Date:** 09.10.1997

**International Application No.** PCT/EP1997/000342  
**International Filing Date:** 25.01.1997

**Int. Class.<sup>8</sup>:** F25B 9/10, F25B 9/14.

**Applicant:** LEYBOLD VAKUUM GMBH HÄFNER, Hans-Ulrich HEIDEN, Christoph THUMMES, Günter.

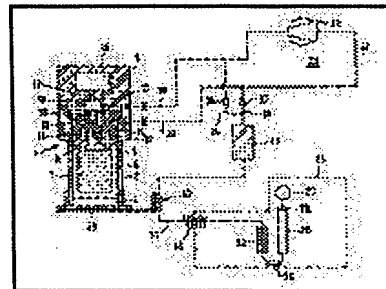
**Inventor:** HÄFNER, Hans-Ulrich HEIDEN, Christoph THUMMES, Günter.

**Priority Data:** 196 12 539.1 29.03.1996 DE

**Title:** (EN) MULTISTAGE LOW-TEMPERATURE REFRIGERATION MACHINE  
(FR) MACHINE FRIGORIFIQUE BASSE TEMPERATURE MULTI-ETAGEE

**Abstract:** (EN) The invention relates to a multistage low-temperature refrigeration machine with a first stage in the form of a displacer refrigerator (1) as well as at least one second stage in the form of a pulse tube refrigerator (25); in order to suppress vibrations it is proposed that a flexible component designed to prevent the spread of vibrations be placed between the displacer refrigerator (1) and the pulse tube refrigerator (25).

(FR) L'invention concerne une machine frigorifique basse température multi-étagée comprenant un premier étage se présentant sous la forme d'un réfrigérateur à plongeur (1) ainsi qu'au moins un second étage se présentant sous la forme d'un réfrigérateur à tube à impulsions (25). Pour supprimer les vibrations, il est proposé qu'un composant souple, empêchant le transfert des vibrations, soit placé entre le réfrigérateur à plongeur (1) et le réfrigérateur à tube à impulsions (25).



**Designated States:**

JP, US, AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2000-507684  
(P2000-507684A)

(43) 公表日 平成12年6月20日 (2000. 6. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
F 2 5 B 9/14 9/00	5 4 0 3 1 1	F 2 5 B 9/14 9/00	5 4 0 3 1 1

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平9-534847  
(86) (22) 出願日 平成9年1月25日 (1997. 1. 25)  
(85) 翻訳文提出日 平成10年9月28日 (1998. 9. 28)  
(86) 国際出願番号 PCT/EP 97/00342  
(87) 国際公開番号 WO 97/37174  
(87) 国際公開日 平成9年10月9日 (1997. 10. 9)  
(31) 優先権主張番号 19612539. 1  
(32) 優先日 平成8年3月29日 (1996. 3. 29)  
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)  
(81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L U, MC, NL, PT, SE), JP, US

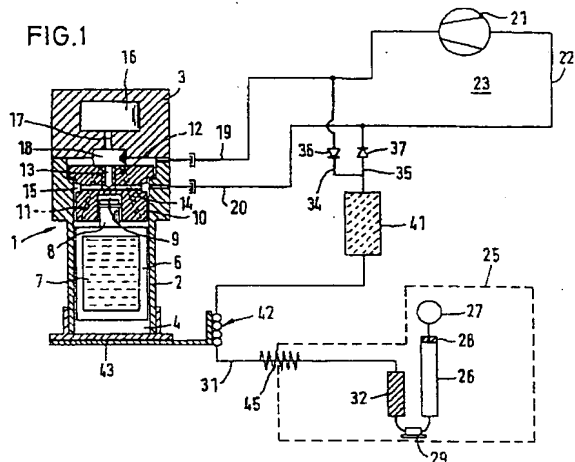
(71) 出願人 ライボルト ヴァークウム ゲゼルシャフト  
ミット ベシュレンクテル ハフツング  
ドイツ連邦共和国 ケルン ボンネル ス  
トラーセ 498  
(72) 発明者 ハンスーウルリッヒ ヘフナー  
ドイツ連邦共和国 ケルン ニーベルンゲ  
ンヴェーク 11  
(72) 発明者 クリストフ ハイデン  
ドイツ連邦共和国 リンデン エアフルタ  
ー シュトラーセ 17  
(74) 代理人 弁理士 矢野 敏雄 (外3名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多段低温冷凍機

(57) 【要約】

本発明は、容積形冷凍機 (1) として構成されている第1の段とパルスチューブ冷凍機 (25) として構成されている少なくとも1つの別の段とを備えている多段低温冷凍機に関する；振動を抑制するために、容積形冷凍機 (1) とパルスチューブ冷凍機 (25) との間に、振動の伝達を阻止する可とう性部材 (45) を存在させることが提案される。



## 【特許請求の範囲】

1. 容積形冷凍機（１）として構成されている第１の段と、パルスチューブ冷凍機（２５）として構成されている少なくとも１つの別の段とを有している多段低温冷凍機において、容積形冷凍機（１）とパルスチューブ冷凍機（２５）との間に、振動の伝達を阻止する可とう性部材（４５）が存在していることを特徴とする、多段低温冷凍機。
2. 可とう性部材（４５）が、パルスチューブ冷凍機（２５）のためのガス供給導管（３１）の構成要素であることを特徴とする、請求項１記載の冷凍機。
3. 可とう性部材（４５）が、金属製の波形ホース区分あるいはプラスチックから成るホース区分であることを特徴とする、請求項２記載の冷凍機。
4. パルスチューブ冷凍機（２５）へのガス供給が導管（３１）を介して行われ、この導管は容積形冷凍機（１）の作業ガス循環路（２３）に接続されていることを特徴とする、請求項１から３までのいずれか１項に記載の冷凍機。
5. ガス供給導管（３１）が第１の導管（３４）を介して作業ガス循環路内の圧縮機（２１）の高圧側に接続されており、かつ第２の導管（３５）を介して該圧縮機（２１）の低圧側に接続されていることを特徴とする、請求項４記載の冷凍機。
6. パルスチューブ冷凍機（２５）と作業ガス循環路（２３）との間に、熱交換器（４１）、殊に再生式熱交換器が存在していることを特徴とする、請求項４又は５記載の冷凍機。
7. ガス供給導管（３１）の構成要素として、容積形冷凍機（１）の冷側と熱的に連結されている熱交換器（４２）が設けられていることを特徴とする、請求項４又は５又は６記載の冷凍機。
8. 容積形冷凍機（１）の冷側が熱ブリッジ（４３）を介して前記熱交換器（４２）と結合されており、この熱ブリッジ（４３）は可とう性に構成されていることを特徴とする、請求項７記載の冷凍機。
9. ガス供給導管（３１）が容積形冷凍機（１）の作業室（４）の冷側に接続されていることを特徴とする、請求項１又は２又は３記載の冷凍機。

10. ガス供給導管(31)内に蓄冷器(32)が存在しており、パルスチューブ(26)の温側と、蓄冷器(32)のパルスチューブとは逆の側の端部とが互いに熱的に連結されていることを特徴とする、請求項2から9までのいずれか1項記載の冷凍機。

11. 請求項1-10に記載した冷凍機を備えたクライオスタット(51)であって、ケーシング(53)と、冷却すべき物体(52, 56)と、遮へい段(55)とを備えている形式のものにおいて、遮へい段(55)が容積形冷凍機(1)の冷側及び又はパルスチューブ冷凍機の温側と熱的に連結されており、冷却すべき物体がパルスチューブ冷凍機(25)の冷側と熱的に連結されていることを特徴とする、クライオスタット。

12. 冷却すべき物体が液体ヘリウムを満たされたタンク(56)であることを特徴とする、請求項11記載のクライオスタット。

13. パルスチューブ冷凍機(25)の冷側がタンク(56)のヘリウム充てん管(57)と熱的に連結されていることを特徴とする、請求項12記載のクライオスタット。

14. 冷却すべき物体が超電導材料から成る磁石(42)であることを特徴とする、請求項11記載のクライオスタット。

15. パルスチューブ冷凍機(25)の温側が遮へい段(55)に熱的に接続されており、この接続箇所と遮へい段(55)の残りの部分との間に別の可とう性部材(64)が設けられていることを特徴とする、請求項11から14までのいずれか1項記載のクライオスタット。

16. 銅バンド(65)が前記の別の可とう性部材(64)を形成していることを特徴とする、請求項15記載のクライオスタット。

## 【発明の詳細な説明】

## 多段低温冷凍機

本発明は、容積形冷凍機として構成されている第1の段と、パルスチューブ冷凍機として構成されている少なくとも1つの別の段とを有している多段低温冷凍機に関する。

容積形冷凍機とは、ギフォードの冷凍機、マクマホンの冷凍機、スターリングの冷凍機あるいは類似の冷凍機を指す。この種の単段冷凍機は、押しのけ体を備えた作業室を有している。作業室は交互に高圧ガス源及び低圧ガス源に接続されて、押しのけ体の強制される往復運動中に熱力学的な循環過程が行われる。作業ガスは有利には押しのけ体の内部に収容された蓄冷器（入ってくるガスを前冷却するための蓄熱器）を経て循環して導かれる。冷凍機の運転中、作業室の両方の端部の一方から熱が取り出される。この種の単段冷凍機で作業ガスとしてヘリウムを使用する場合、10～30 Kにまで温度を下げるができる。容積形冷凍機は、出力が比較的に大きいという利点を有しており、技術的、理論的に良好であると理解されている。容積形冷凍機の欠点は、往復に動かされる押しのけ体の質量によって振動が生ぜしめられることである。

更に、パルスチューブの原理で動作する冷凍機が公

知である。この冷凍機は、その中で流入してくるガスを蓄冷材との熱交換によって前冷却する固定した蓄冷器を備えた範囲と、その中に一方の側（冷端）から、周期的に蓄冷器範囲からの作業ガスが流入しかつ流出するところのパルスチューブとを有している。パルスチューブの他方の端部（温端）には、有利には狭幅箇所を介して閉ざされた体積が接続されている。この絞り箇所を適当に選択することによって、パルスチューブ範囲内の質量通過と圧力変化との間の位相位置に影響を及ぼして、最高の出力を達成することができる。この可能性（“オリフィス・パルスチューブ”）のほかに、更に位相位置を変更する別の構造形式（“ダブル・インレット”，“4－弁”）もある。この種の冷凍機の効率は制限されている。その利点は、振動を生ぜしめないことである。それは動かされる部分を有していないからである。

1995年7月にオハイオ州コロンバスで開催された“Cryogenic Engineering Conference (低温工学会議)”での1つの講演によって、容積形冷凍機をパルスチューブ冷凍機と組み合わせることが公知になっている。容積形冷凍機は多段低温冷凍機の第1の段を形成し、パルスチューブ冷凍機は第2の段を形成する。容積形冷凍機の冷端とパルスチューブ冷凍機の温端とが同一の温度を有しているようにするために、剛性の銅板から成る熱ブリッジが設けられており、この熱ブ

リッジは両方の冷凍機の前記端部とそれぞれ良好に導熱性に結合されている。この剛性の結合によって容積形冷凍機によって生ぜしめられた振動がパルスチューブ冷凍機に伝達される。したがってこの既に公知になっている組合せ冷凍機は、振動に敏感な物体の冷却には適していない。

本発明の課題とするところは、最初に述べた形式の組合せ冷凍機において、少なくとも第2の段若しくは別の段の範囲において、パルスチューブ冷凍機の振動がないという利点を生ぜしめ得るようにすることである。

本発明によれば、この課題は次のようにして解決さされる。すなわち容積形冷凍機として構成された第1の段と、パルスチューブ冷凍機として構成された別の段との間に、振動の伝達を阻止する可とう性部材が存在しているようにしたのである。この手段によって、パルスチューブ冷凍機は容積形冷凍機の振動を受けないようにすることができる。別の、パルスチューブ冷凍機として構成された第2の段は、したがって、振動に敏感な物体、装置あるいは類似のものと簡単に熱的に連結することができる。

本発明の別の利点及び詳細は図1～4に示した実施例に基づいて説明する。

図1及び2は、パルスチューブ冷凍機への作業ガスの供給が異なった形式で行われる本発明による組合せ

冷凍機を示す。

図3は、磁石を液体ヘリウムで冷却するのに役立つクライオスタット内で本発明による冷凍機を使用した状態を示す。

図4は、本発明による冷凍機を備え、その内部で磁石を直接に冷却するクライ

オスタットを示す。

図1及び2に示した容積形冷凍機1はケーシングを有しており、このケーシングは両方の部分2及び3から成っている。ケーシング部分2内には押しのけ体6のための円筒形の作業室4が形成されている。押しのけ体6内には蓄冷器7がある。

押しのけ体6は空気力式の駆動の場合には駆動ピストン8を備えており、それに所属するシリンダ9は案内ブッシュ10内に形成されており、この案内ブッシュは作業室4をケーシング部分3に向かって閉ざしている。案内ブッシュ10は、回転弁によって制御される高圧ガス及び低圧ガスを制御容積(9)並びに本来の作業室に分配するための孔を備えている。孔11は作業室4内に開口していて、この室に作業ガスを供給するのに役立つ。孔13は横孔14内に開口しており、この横孔は案内ブッシュ10の外壁面の環状溝15に接続されている。これを介して低圧側が弁制御装置内に供給される。2つの別の孔12が破線によって示されている。これらの孔は押しのけ体6の空気力式駆動に役立つ。種々の孔は図平面とは異なった平面内に

あって、互いに交差しておらず、このことは破線によって表されている。

ケーシング部分3内には制御モータ16が収容されており、この制御モータは軸17を介して制御弁18を操作する。この制御弁18は自体公知の形式で種々の孔に高圧及び低圧の作業ガス、有利にはヘリウムを供給するのに役立つ。この作業ガスは容積形冷凍機1の外側で圧縮機21を有する導管22によって循環路23内を導かれる。冷凍機1における高圧接続部19は圧縮機21の高圧側に接続されており、低圧接続部20は圧縮機21の低圧側に接続されている。

例示したパルスチューブ冷凍機25はパルスチューブ26を有しており、このパルスチューブの温端に狭幅箇所28を介してガス体積27が接続されている。パルスチューブ26の冷端の範囲内にある冷フランジは29で示されている。パルスチューブへのガスの供給は導管31を介して行われ、この導管内には蓄冷器32がある。

図1の実施例では、パルスチューブ26へのガスの供給は圧縮機21を有する

作業ガス循環路23から行われる。このためにガス供給導管31は、それぞれ制御弁36若しくは37を備えている2つの導管34及び35内に開口している。導管34は圧縮機21の高圧側に接続されている。制御弁36は、作業ガスが導管34及び31を通してパルスチューブ26に流れる

ことができるように、配置されている。導管35は圧縮機21の低圧側に接続されている。制御弁37は、逆の方向に流れるガスが導管31及び35を通して作業ガス循環路23内に流れることができるように、配置されている。

パルスチューブ26に流れる作業ガスを前冷却し得るようにするために、2つの熱交換器41及び42が設けられている。第1の熱交換器41、有利には再生式熱交換器は、往復に流れる作業ガスによって流過される。その都度パルスチューブ26から作業ガス循環路23内に流れ戻るガスはその都度パルスチューブ26に流れるガスを前冷却する。第2の熱交換器42は熱ブリッジ43を介して容積形冷凍機1の冷端と結合されている。熱交換器42内でパルスチューブ冷凍機25に流れるガスが容積形冷凍機1の冷側の温度に冷却される。

図2の実施例ではガス供給導管31は容積形冷凍機1の冷側の範囲内で作業室4内に開口している。パルスチューブ冷凍機25へのガス供給は、容積形冷凍機1の冷部分から直接に出る作業ガスをもって行われる。この実施例は、図1の実施例に対して構造が全体として簡単であるという利点を有しているが、容積形冷凍機及びパルスチューブ部分のためのサイクル周波数（高圧／低圧の切り替え周波数）が常に同じであり、このことは両方の段において最高の冷却出力を達成す

る妨げになるという欠点も有している。

容積形冷凍機1によって生ぜしめられる振動がパルスチューブ冷凍機25に伝達されることを回避するために、両方の実施例において、導管31は可とう性部材45を備えている。この可とう性部材は例えば金属製の波形ホース区分（特殊鋼）であることができる。またプラスチックから成るホース区分を使用することも可能である。図1の実施例では、熱ブリッジ43を可とう性に構成して、振動の伝達を阻止することも可能である。



図1及び2には示していない第3の変化形では、両方の冷凍機1及び25の運転は別個の圧縮機で行われる。例えばパルスチューブ機械のためにリニア圧縮機を使用することによって、弁制御装置を省略することができる。この変化形においても振動の遮断は可とう性部材によって達成することができる。

図3及び4は、適用例として、本発明による冷凍機を備えた2つのクライオスタットを示す。これらのクライオスタットは超電導磁石52を冷却するのに役立つ。液体ヘリウム冷却あるいは液体ヘリウム直接冷却を行うことができる別の物体は例えば、

- －超電導の導線及びワイヤ、
  - －超電導の（ジョセフソンの）回路素子、
  - －冷却しなければならないセンサ（超電導あるいはノイズ抑制のため）、
  - －冷却しなければならない電子部品（ノイズ抑制）、
  - －クライオポンプ装置、
- である。

これらの図示の実施例において、冷却される磁石52は円環形にクライオスタットケーシング53内に配置されていて、中央の検査室54を取り囲んでいる。磁石52と外側のクライオスタットケーシング53との間にはそれぞれ1つの、輻射シールド55によって形成されている熱遮へい段がある。

図3の実施例では、磁石52は液体媒体有利にはヘリウムを満たされた円環形横断面のタンク56内に収容されている。タンクのヘリウム充てん管57は安全弁58を備えている。本発明による冷凍機1、25は、液体ヘリウムタンクを約4.2 K（この冷却媒体の沸点）の温度に維持し、これによって冷却液の蒸発を阻止し、若しくは蒸発した冷却剤を凝縮して液体に戻すという課題を有している。このためにパルスチューブ26の冷端は熱ブリッジ59を介して充てん管57と熱的に連結されている。この連結箇所60はタンク56内への充てん管57の開口部の直ぐ近くに位置しており、液体ヘリウムの表面の下方にある。容積形冷凍機1の冷端は冷フランジ62を備えており、この冷フランジは輻射シールド55と熱的に連結されていて、したがってこの輻射シールドは30～100 Kの温

度である。パルスチューブ冷凍機25へのガス供給は

容積形冷凍機1の作業室4の冷端から行われ(図2参照), したがって両方の端部はほぼ同じ温度を有している。容積形冷凍機1の冷端からパルスチューブ冷凍機25の温端へ通じているガス供給導管31は金属製の大きな可とう性を有する波形ホース区分であって, これによって同時に所望の可とう性連結部材45を形成している。

図4の実施例ではヘリウムタンクは存在していない。パルスチューブ冷凍機25の冷端は冷フランジ29を介して直接に磁石52と熱的に接続している。この応用例は, 特に, 磁石52の超電導材料がより高い温度(5~10K)を許容する場合に, 有効である。この実施例においてもパルスチューブ冷凍機25へのガス供給は容積形冷凍機1の作業室4の冷端から行われる。波形ホース区分から成るガス供給導管31は可とう性連結部材45を形成している。

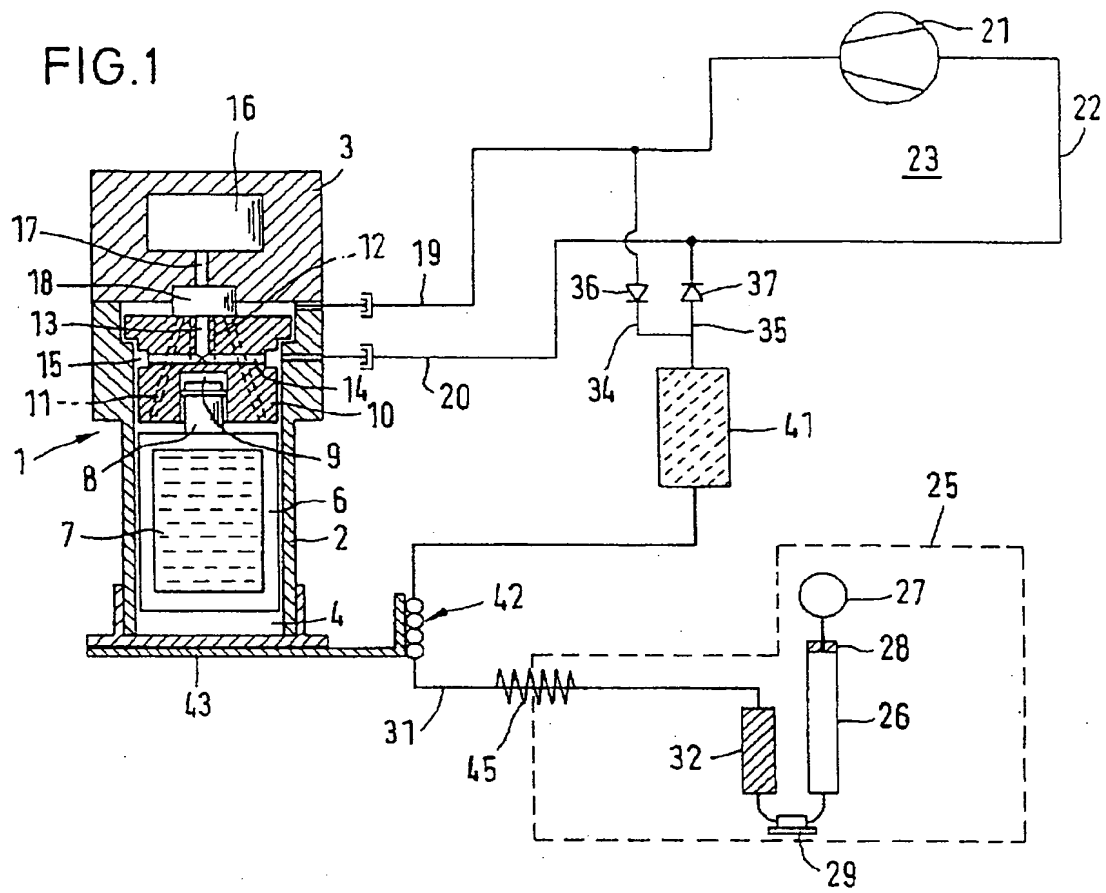
図4の実施例では, 容積形冷凍機1の冷端のほかに, パルスチューブ冷凍機25の温端も(熱ブリッジ63を介して)輻射シールド55と熱的に連結されている。これによってこれら両方の端部の温度を同じにすることが助長される。この目的のために, 蓄冷器32もパルスチューブ26とは逆の側の端部を熱ブリッジ63に熱的に接続されている。

容積形冷凍機1から出る振動が輻射シールド55を介してパルスチューブ冷凍機に伝達されるのを阻止す

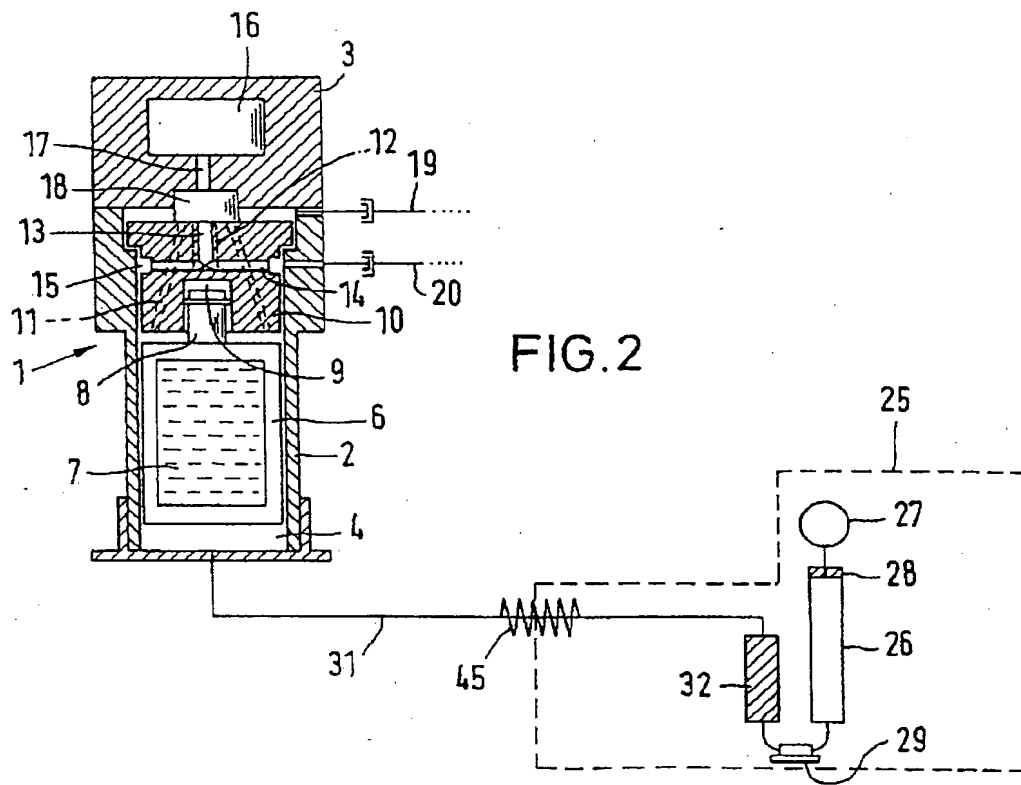
るために, 熱ブリッジ63と輻射シールドとの間に別の可とう性連結部材64が設けられている。この, 別の可とう性連結部材は, 金属製の, 有利には銅から成るバンド65を有しており, このバンドは良好に導熱性に, 輻射シールド55と熱ブリッジ63のフランジ66に接続されている。

【図1】

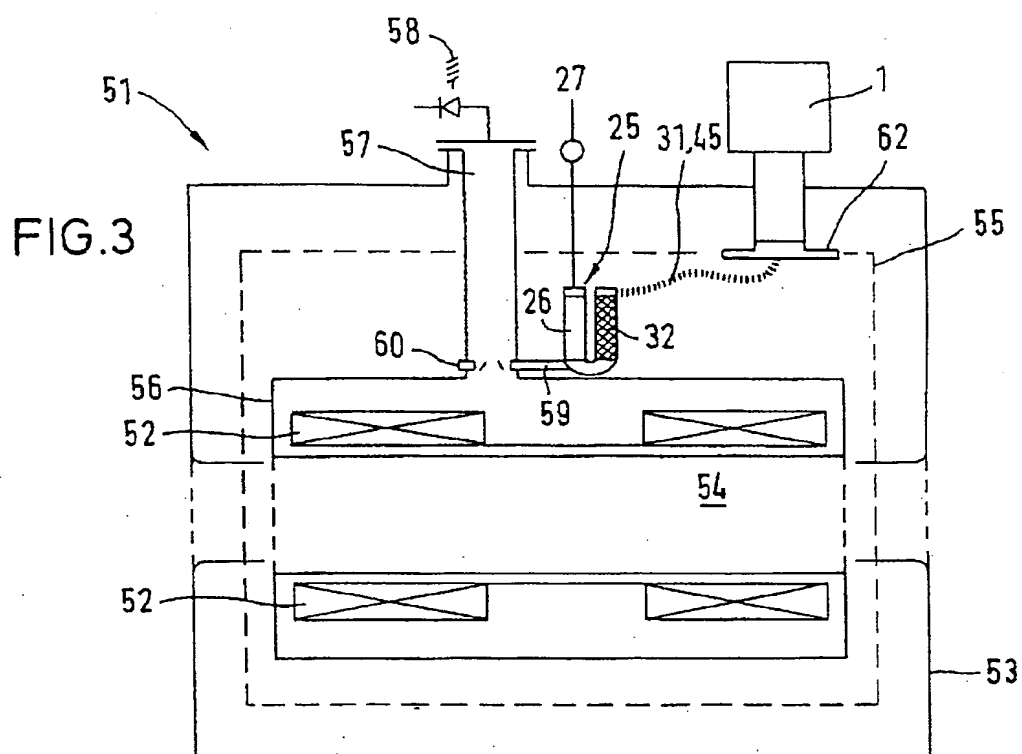
FIG.1



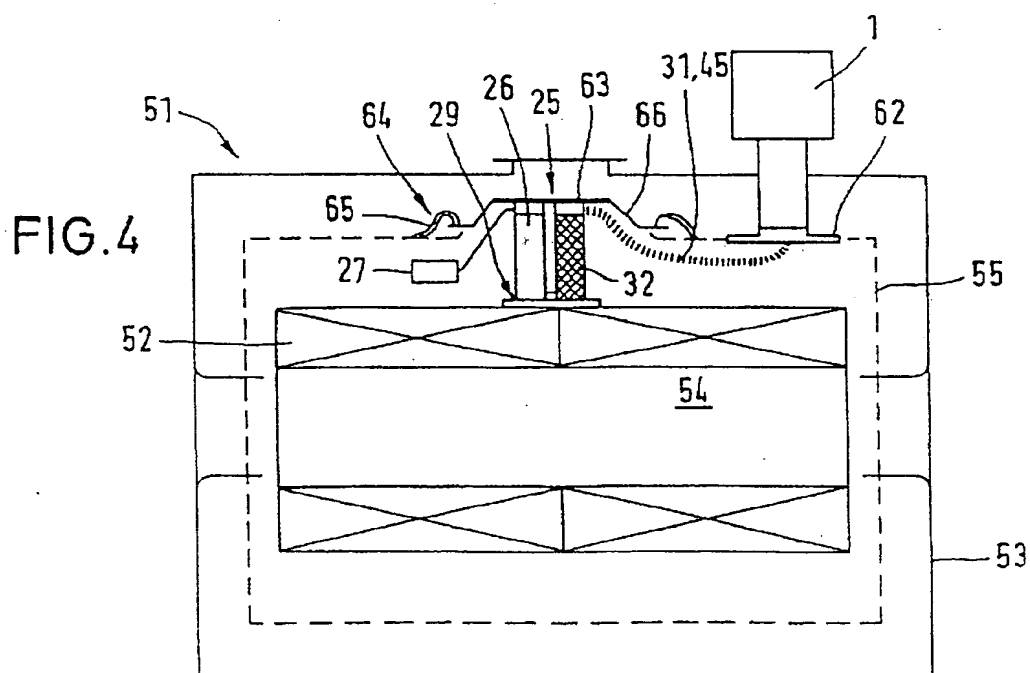
【図2】



【図3】



【図4】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/EP 97/00342

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 F25B9/14 F25B9/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 F25B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 42 34 678 A (AISIN SEIKI) 22 April 1993 see column 10, line 20 - line 57; figures 1-16 ---	1
A	FR 1 442 415 A (L'AIR LIQUIDE) 17 June 1966 see page 1, right-hand column, last paragraph - page 2, left-hand column, paragraph 11; figure ---	1
A	US 5 485 730 A (HERD) 23 January 1996 see column 1, line 51 - column 2, line 43; figures 1,2 ---	1
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 May 1997

Date of mailing of the international search report

26.05.97

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2  
NL-2210 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boets, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/EP 97/00342

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	GB 2 301 426 A (TOSHIBA) 4 December 1996  see page 12, line 13 - page 18, line 3 see page 93, line 2 - page 101, line 12; figures 5-22	1-5, 9-12, 14-16
A	US 5 412 952 A (OHTANI) 9 May 1995	
A	US 5 152 147 A (SAHO) 6 October 1992	
A	US 5 387 252 A (NAGAO) 7 February 1995	
A	US 5 381 666 A (SAHO) 17 January 1995	
A	US 3 721 101 A (SHEPPARD) 20 March 1973	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No

PCT/EP 97/00342

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4234678 A	22-04-93	JP 5106926 A	27-04-93
		JP 5141795 A	08-06-93
		JP 5141796 A	08-06-93
		JP 5141797 A	08-06-93
		JP 5141798 A	08-06-93
		US 5435136 A	25-07-95
FR 1442415 A	25-08-66	NONE	
US 5485730 A	23-01-96	NONE	
GB 2301426 A	04-12-96	JP 8313094 A	29-11-96
		JP 8313095 A	29-11-96
		JP 9036442 A	07-02-97
US 5412952 A	09-05-95	JP 5322340 A	07-12-93
		JP 6101916 A	12-04-94
		US 5335505 A	09-08-94
US 5152147 A	06-10-92	JP 3148567 A	25-06-91
US 5387252 A	07-02-95	JP 6011200 A	21-01-94
		US 5487272 A	30-01-96
US 5381666 A	17-01-95	JP 4044202 A	14-02-92
		CN 1057329 A,B	25-12-91
		KR 9602573 B	22-02-96
US 3721101 A	20-03-73	CA 944171 A	26-03-74
		DE 2203844 A	24-08-72
		FR 2123493 A	08-09-72
		GB 1375434 A	27-11-74



---

フロントページの続き

(72)発明者 ギュンター トゥメス  
ドイツ連邦共和国 ハンブルク ハーゼン  
ヴィンケル 66